

PENINGKATAN KUALITAS TANAH BEKAS TAMBANG NIKEL UNTUK MEDIA PERTUMBUHAN TANAMAN REVEGETASI MELALUI PEMANFAATAN BAHAN HUMAT DAN KOMPOS

Improvement of Post-Nickel Mining Soil Quality for Plant Revegetation Growth Media through Utilization of Humic materials and Compost

Ikbal¹⁾, Iskandar²⁾, dan Sri Wilarso Budi R.³⁾

¹⁾Mahasiswa Pascasarjana Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, IPB

²⁾Staf Pengajar Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB

³⁾Staf Pengajar Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB

ABSTRACT

*The purpose of this study was to analyze the effect of humic materials and compost on chemical properties and growth of revegetation plant. The research was conducted at the greenhouse of PT Antam (Persero) Tbk., District Pomalaa, Southeast Sulawesi. Soil analysis was carried out at the Laboratory of Soil Research of Bogor Agricultural University. The experiment was used a completely randomized factorial design with two factors; Humic materials dose (0.00; 0.5; and 1.0 ml / polybag) and compost dose (0.0; 1.0; and 2.5 kg/polybag). Plant indicator that used in this experiment was sengon (*Paraserianthes falcataria*). The result showed humic materials and compost improved the chemical properties of growth media than control. Treatment with the provision of humic materials only did not fully improved soil chemical properties, while treatments of compost and combination of humic materials and compost able to increase organic C, N-total, CEC, and cations alkaline soil (Ca-dd, Mg-dd, K-dd, and Na -dd). On the plant growth showed that the humic materials and compost gave significant effect on plant height, root length and biomass. Treatment between humic materials and compost had result significant in root length and biomass. The best treatment at the greenhouse was reached by 0.5 ml humic materials and compost 2.5 kg.*

Key words: chemical property, plant height, root length, biomass

PENDAHULUAN

Reklamasi tambang adalah salah satu kegiatan yang harus dilakukan oleh setiap perusahaan yang melakukan kegiatan penambangan. Reklamasi adalah upaya pemulihan kondisi pasca penambangan sesuai peruntukannya (Tala'ohu dan Irawan 2014). Namun, upaya reklamasi yang dilakukan sering menghadapi kendala-kendala terjadinya pemadatan tanah, kondisi pH tanah rendah, populasi mikroorganisme berguna menjadi berkurang, dan terjadinya pencemaran logam-logam berat dalam tanah (Setyaningsih 2007; Tamin 2010; Rusdiana *et al.* 2000). Kegiatan penambangan yang mengacu pada mekanisme penambangan yang baik sangat penting untuk diterapkan oleh perusahaan guna menjamin kesuksesan kegiatan reklamasi di lahan-lahan bekas penambangan.

Menurut Sembiring (2008) lahan bekas penambangan secara nyata memperlihatkan kondisi tanah yang mengalami kerusakan struktur dan pemadatan sehingga berefek negatif terhadap sistem tata air dan aerasi yang secara langsung dapat mempengaruhi fungsi dan perkembangan akar. Hal ini mengakibatkan tanaman tidak dapat berkembang secara normal, kerdil, merana, dan mati. Rusaknya struktur tanah juga berdampak pada tanah yang kurang mampu menyimpan dan meresapkan air pada musim hujan

sehingga terjadi erosi tanah. Sebaliknya pada musim kemarau tanah menjadi keras dan padat, sehingga tanah menjadi sulit untuk diolah. Penelitian pada lahan bekas tambang nikel Pomalaa pernah dilakukan oleh Widiatmaka *et al.* (2010) yang menjelaskan bahwa pertumbuhan tanaman di lahan revegetasi masih rendah dengan melihat ukuran daun yang kerdil, volume dan diameter tanaman yang kecil. Penyebab utamanya adalah defisiensi unsur hara seperti K, Ca, Fe, Cu, dan Mn. Selain unsur hara tanaman yang rendah, lahan tambang nikel di Pomalaa merupakan tanah-tanah yang terbentuk dari bahan induk batuan beku basa atau ultra basa yang memiliki kandungan logam berat yang mencapai kadar toksik pada tanaman, antara lain Ni dan Cr. Sementara logam Pb dan Cd memiliki kadar yang masih relatif aman. Oleh karena itu, untuk memperbaiki keadaan tanah yang tidak subur ini, penambahan bahan amelioran seperti bahan humat dan kompos mutlak dilakukan dalam rangka meningkatkan kesuburan tanah.

Pemberian bahan humat dan kompos merupakan salah satu upaya yang perlu dilakukan untuk memperbaiki kualitas tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Bahan humat merupakan bahan yang memiliki potensi dalam memperbaiki kondisi tanah dengan kemampuannya berinteraksi dengan ion logam, oksida dan hidroksida, termasuk zat pencemar lainnya (Schnitzer dan Khan 1978). Kompos

merupakan bahan yang telah mengalami pelapukan dari kotoran ternak dan sisa-sisa tumbuhan seperti: dedaunan, dedak padi, jerami, dan rumput-rumputan. Kompos yang baik akan memperkaya bahan makanan bagi tanaman dan berperan penting dalam meningkatkan kualitas sifat-sifat tanah (Wicaksono 1993). Menurut Munawar (2011) kompos memiliki kemampuan memperbaiki kondisi tanah, tidak menyebabkan polusi air dan tidak memiliki biji-biji gulma. Lebih lanjut dikemukakan oleh Sugito (2005) dan Syekhfani (2005) bahwa kompos memiliki kemampuan dalam meningkatkan kesuburan fisik, kimia, dan biologi tanah.

Mengingat pentingnya pemanfaatan bahan humat dan kompos dalam memperbaiki kondisi tanah, maka perlu dilakukan penelitian pada tanah bekas tambang nikel agar diperoleh takaran yang baik untuk perbaikan kualitas tanah, sehingga tanaman dapat memperlihatkan pertumbuhan yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemberian bahan humat dan kompos terhadap sifat-sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman revegetasi.

METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Januari sampai Agustus 2015. Lokasi penelitian dilakukan pada rumah kaca PT. Aneka Tambang (Persero) Tbk. Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara. Analisis tanah dilakukan di *Bogor Soil Research Institute*.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan humat, kompos, pupuk NPK dan benih sengon. Kompos yang digunakan adalah kompos dan bahan kotoran kelelawar, kotoran kambing, serasah dan sekam padi. Peralatan yang digunakan antara lain: (1) Peralatan tanam meliputi cangkul, sekop, ayakan kawat dan bor manual, (2) Peralatan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) yang meliputi sepatu, helm *safety*, dan kaca mata, (3) Peralatan pendukung seperti kantong plastik, label, meteran, aquades, karung, media tanah, botol ukur, pipet, *water sprayer*, alat tulis, kamera, buku catatan.

Rancangan Penelitian

Percobaan dilakukan di rumah kaca area persemaian menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial dengan 2 faktor, yaitu bahan humat dan kompos. Tanaman indikator yang digunakan adalah sengon (*Paraserianthes falcataria*). Dosis perlakuan bahan humat terdiri dari 3 taraf (0.0; 0.5; dan 1.0 ml/*polybag*). Pemberian dosis kompos terdiri dari 3 taraf yaitu 0.0; 1.0; dan 2.5 kg. Dari kedua bahan tersebut diperoleh 9 kombinasi perlakuan yang masing-masing diulang sebanyak 3 kali pada setiap jenis tanaman ($3 \times 3 \times 3 = 27$ *polybag*). Selain bahan humat dan kompos, setiap *polybag* ditambah pupuk NPK sebanyak 10 g sebagai pupuk dasar. Kadar air tanah dipertahankan pada

kondisi kapasitas lapang melalui penyiraman pagi dan sore.

Berikut rancangan bahan humat dan kompos yang diaplikasikan pada *polybag* adalah tanah tanpa bahan humat dan kompos (H0P0), tanah tanpa bahan humat dan 1.0 kg dosis kompos (H0P1), tanpa bahan humat dan 2.5 kg dosis kompos (H0P2), 0.5 ml dosis bahan humat dan tanpa kompos (H1P0), 0.5 ml dosis bahan humat dan 1.0 kg dosis kompos (H1P1), 0.5 ml dosis bahan humat dan 2.5 kg dosis kompos (H1P2), 1.0 ml dosis bahan humat dan tanpa kompos (H2P0), 1.0 ml dosis bahan humat dan 1.0 kg dosis kompos (H2P1) serta 1.0 ml dosis bahan humat dan 2.5 kg dosis kompos (H2P2).

Analisis Tanah

Analisis sifat-sifat kimia tanah dilakukan sesudah percobaan. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan cara komposit dan sistem quartering pada lokasi bukit III yang telah ditimbun dengan tanah *top soil*. Sampel tanah kemudian dibawa ke laboratorium untuk diuji. Hasil uji tanah yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis secara deskriptif.

Parameter Pengamatan

Peubah yang diamati yaitu: parameter sifat kimia tanah yang terdiri dari pH, C-Organik, N-total, P-tersedia, K-tersedia, KTK dan kation dapat ditukar (K, Na, Ca, Mg-dd). Parameter pertumbuhan tanaman yang diukur meliputi tinggi tanaman, panjang akar dan biomassa tanaman (bobot kering akar, bobot kering tajuk dan berat kering total).

Tahapan Pelaksanaan Percobaan Rumah Kaca

Tahapan pelaksanaan percobaan adalah sebagai berikut: Bahan humat dan kompos disiapkan sesuai takaran yang ditentukan. Bahan humat dilakukan pengenceran sebanyak 100 kali dengan aquades. Tanah diambil pada lokasi bekas tambang nikel dengan kedalaman 10-20 cm. Selanjutnya tanah dikeringkan dan diayak dengan ayakan kawat ukuran 50 mm². Tanah ditimbang seberat 10 kg berat kering udara sesuai dengan ukuran *polybag*, kemudian dilanjutkan dengan pemberian pupuk NPK sebagai pupuk dasar. Lalu diaduk secara merata sehingga tercampur secara homogen. Tanah yang telah diberi perlakuan tersebut kemudian diinkubasi selama 14 hari. Benih tanaman sengon dipilih yang baik lalu direndam dalam air panas yang telah mendidih dan dibiarkan dingin sampai sekitar 12 jam (Sudomo 2012). Setelah masa inkubasi selesai, dilakukan pemberian bahan humat dan kompos. Kemudian benih sengon ditanam pada media *polybag* yang telah diberikan perlakuan. Kadar air dan iklim mikro diusahakan tetap stabil sesuai dengan kondisi lapang, sehingga diperlukan penyiraman setiap pagi dan sore hari. Parameter-parameter pertumbuhan seperti tinggi tanaman diukur setiap 3 minggu sekali dan berlangsung selama 9 minggu. Analisis tanah dilakukan setelah tanaman dipanen untuk mengetahui sifat kimia dan kandungan logam berat dalam tanah. Dilakukan pula pengukuran biomassa tanaman dan panjang akar.

Data diolah menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) untuk parameter pertumbuhan dan dihitung menggunakan program SPSS. Bila terdapat perbedaan yang nyata maka dilakukan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Unsur Hara Tanah

Hasil analisis tanah (Tabel 1 dan 2) menunjukkan bahwa pH tanah pada semua perlakuan relatif rendah atau bersifat masam. Nilai pH ekstrak KCl yang didapat lebih rendah dibandingkan nilai pH ekstrak H₂O karena ion K⁺ akan menukar Al⁺³ dari tanah, ion Al⁺³ akan terhidrolisis membebaskan H⁺ sehingga konsentrasi H⁺ akan meningkat dan menyebabkan pH yang terukur lebih rendah (Tan 1991).

Kandungan C-organik dan N total dengan penambahan kompos relatif lebih tinggi dibandingkan bahan humat. Untuk perlakuan kombinasi bahan humat dan kompos, kandungan C-organik dan N-total meningkat lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol. Menurut Mayalagu dan Jahawar (2000) bahwa penambahan bahan organik mampu meningkatkan kandungan karbon C dan N sehingga mampu meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Selain itu, kandungan C dan N yang optimum akan membantu bakteri dalam mineralisasi sehingga unsur hara meningkat (Djajadi dan Gilkes 1997).

Kapasitas tukar kation (KTK) dalam tanah meningkat dengan perlakuan kompos dibandingkan kontrol. Bahan humat dalam penelitian ini relatif tidak berpengaruh terhadap peningkatan KTK dibandingkan kontrol. Dalam hal ini pengaruh bahan humat tertutupi oleh pengaruh kompos terhadap KTK. Untuk kejenuhan basa menunjukkan bahwa semua perlakuan memiliki kejenuhan basa yang tinggi. Menurut Hardjowigeno (2010) bahwa secara umum kation-kation basa adalah

unsur hara yang dibutuhkan tanaman dan mudah tercuci. Tanah dengan kejenuhan basa tinggi berarti memiliki kompleks jerapan yang lebih banyak diisi oleh kation-kation basa yakni Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ dan Na⁺.

Perlakuan penambahan bahan humat maupun kompos dan kombinasinya dapat meningkatkan kadar P lebih tinggi dibandingkan kontrol, kecuali pada perlakuan H1P0 dan H2P1. Untuk Kation basa tanah yang dipertukarkan (Ca, Mg, K dan Na) menunjukkan bahwa perlakuan kompos mampu meningkatkan kadar Ca-dd, Mg-dd, K-dd, dan Na-dd dalam tanah dibandingkan bahan humat yang cenderung relatif sama dengan kontrol, sedangkan semua perlakuan dengan kombinasi bahan humat dan kompos cenderung meningkatkan kadar Ca-dd, Mg-dd, K-dd, dan Na-dd dalam tanah.

Tinggi Tanaman

Tabel 3 menunjukkan bahwa pemberian bahan humat dan kompos selama 9 MST memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman. Sedangkan interaksi antara bahan humat dan kompos tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Rata-rata tinggi tanaman yang paling besar dimiliki perlakuan kombinasi H1P2 sebesar 21.57 cm. Pada perlakuan bahan humat maupun kompos saja, parameter tinggi tanaman yang paling tinggi diperoleh dari perlakuan kompos dibandingkan bahan humat. Menurut Tan (1991) bahwa peningkatan hara terlarut dalam tanah dapat mengatasi kekurangan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dan ketersediaan nutrisi yang optimal memungkinkan tanaman menyerap hara dengan lebih baik dan maksimal sehingga pertumbuhan tanaman lebih baik. Penelitian yang dilakukan oleh Syukur dan Nur (2006) menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik (kompos limbah tanaman obat dan pupuk kandang sapi) takaran 20 ton/ha mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman sampai minggu ke-16.

Tabel 1 Hasil analisis pH, C-organik, N-total, C/N, KTK dan Kejenuhan Basa

Perlakuan	pH		C-organik	N-total	KTK	KB
	H ₂ O	KCl				
				%	cmol/kg	%
H0P0	5.4	5.3	1.44	0.11	10.01	97
H0P1	5.5	5.3	3.10	0.20	16.47	> 100
H0P2	5.5	5.3	3.82	0.23	14.49	> 100
H1P0	5.5	5.3	1.03	0.13	9.75	94
H1P1	5.7	5.6	2.86	0.23	12.67	> 100
H1P2	5.5	5.4	3.90	0.20	14.44	> 100
H2P0	5.6	5.4	1.64	0.12	8.89	94
H2P1	5.4	5.3	2.29	0.16	11.91	> 100
H2P2	5.2	5.1	2.95	0.28	12.92	> 100

Tabel 2 Hasil analisis kadar P dan kation dapat ditukar (Ca, Mg, K, dan Na)

Perlakuan	P	Ca-dd	Mg-dd	K-dd	Na-dd
	ppm	(cmol _e /kg)			
H0P0	6	1.18	7.33	1.04	0.16
H0P1	47	8.73	8.50	3.31	0.87
H0P2	111	13.17	9.42	5.23	1.31
H1P0	5	0.88	7.18	0.91	0.16
H1P1	159	8.40	7.83	2.49	0.62
H1P2	239	10.50	8.16	3.70	0.86
H2P0	46	1.01	6.33	0.89	0.10
H2P1	14	5.71	9.08	2.42	0.62
H2P2	56	11.13	8.73	4.33	1.24

Tabel 3 Pengaruh bahan humat dan kompos terhadap tinggi tanaman 9 MST

Bahan Humat	Kompos		
	P0	P1	P2
	-----cm/tanaman-----		
H0	7.40 ± 0.98 ^a	11.77 ± 1.60 ^{bc}	12.87 ± 2.67 ^c
H1	7.72 ± 0.54 ^a	14.00 ± 3.06 ^{cd}	21.57 ± 1.72 ^e
H2	8.83 ± 0.58 ^{ab}	11.60 ± 3.35 ^{bc}	16.53 ± 1.53 ^d

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama adalah berbeda nyata menurut uji DMRT (taraf $\alpha=5\%$).

Tabel 4 Pengaruh bahan humat dan kompos terhadap panjang akar 9 MST

Bahan Humat	Kompos		
	P0	P1	P2
	-----cm/tanaman-----		
H0	4.33±0.15 ^a	4.63±0.15 ^{ab}	4.80±0.10 ^b
H1	4.37±0.12 ^a	4.47±0.15 ^{ab}	5.90±0.36 ^d
H2	4.40±0.17 ^a	4.57±0.31 ^{ab}	5.38±0.06 ^c

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama adalah berbeda nyata menurut uji DMRT (taraf $\alpha=5\%$).

Tabel 5 Pengaruh bahan humat dan kompos terhadap biomassa tanaman 9 MST

Perlakuan	BKA (g)	BKJ (g)	BKT (g)
H0P0	0.02	0.07	0.09 ± 0.00 ^{ab}
H0P1	0.02	0.16	0.18 ± 0.07 ^b
H0P2	0.03	0.30	0.33 ± 0.04 ^c
H1P0	0.02	0.03	0.05 ± 0.00 ^a
H1P1	0.03	0.42	0.45 ± 0.04 ^d
H1P2	0.08	0.61	0.69 ± 0.09 ^f
H2P0	0.02	0.07	0.09 ± 0.00 ^{ab}
H2P1	0.03	0.39	0.42 ± 0.01 ^{cd}
H2P2	0.05	0.52	0.57 ± 0.12 ^e

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama adalah berbeda nyata menurut uji DMRT (taraf $\alpha=5\%$). BKA: berat kering akar, BKJ: berat kering tajuk dan BKT: berat kering total.

Panjang Akar

Perakaran tanaman sengon mungkin berbeda dengan tanaman tahunan lainnya karena mampu bersimbiosis dengan mikroba dengan menyimpan hara nitrogen dari udara (Hardjowigeno 2010). Pada penelitian ini tidak dilakukan penghitungan bintil akar, bintil akar belum terbentuk saat tanaman dipanen, sehingga hanya dilakukan pengukuran panjang akar. Hasil penelitian (Tabel 4) menunjukkan bahwa pemberian bahan humat dan kompos memberikan pengaruh dan interaksi yang

nyata terhadap panjang akar. Hasil penelitian menggambarkan bahwa parameter panjang akar yang lebih tinggi dimiliki oleh perlakuan kombinasi H1P2 sebesar 5.90 cm dibandingkan perlakuan lainnya. Bahan humat dan kompos berfungsi dalam menyediakan N, P, dan S bagi tanaman dan memperbaiki aerasi tanah sehingga terjadi aktivitas mikroorganisme untuk mendorong perkembangan dan pertumbuhan akar (Djajadi dan Gilkes 1997; Soepardi 1983; Hardjowigeno 2010; Syers dan Craswell 1995). Hasil penelitian ini mendukung pernyataan Herjuna (2011) bahwa pada

tanah-tanah dengan kandungan P tersedia cukup besar (percobaan rumah kaca) terjadi perkembangan perkembangan yang cukup pesat.

Biomassa Tanaman

Biomassa tanaman merupakan berat keseluruhan atau volume tanaman dalam suatu area atau volume tertentu (IPCC 1995 dalam Sutaryo 2009). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian bahan humat dan kompos berpengaruh nyata terhadap berat kering total (Tabel 5). Dilihat dari interaksinya menunjukkan bahwa bahan humat dan kompos memiliki interaksi yang nyata terhadap biomassa tanaman. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan pemberian bahan organik, akar tanaman sengon dapat menyerap unsur hara dalam tanah dengan baik sehingga bobot tanaman secara keseluruhan juga dapat bertambah. Pemberian bahan organik mampu merangsang metabolisme dan proses fisiologi pertumbuhan tanaman sehingga produksi tanaman akan meningkat (Rao 1994; Sutono dan Abdurachman 1997; Tan 1991).

Secara umum perlakuan H1P2 pada parameter biomassa memiliki rata-rata lebih besar 0.69 g dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pada perlakuan bahan humat dan kompos saja, diperoleh bahwa perlakuan kompos memiliki biomassa lebih besar dibandingkan perlakuan bahan humat yaitu H0P2 sebesar 0.32 g dan H0P1 sebesar 0.18 g. Hal ini diduga bahwa perlakuan bahan humat belum sepenuhnya dimanfaatkan oleh tanaman untuk pembentukan organ karena waktu penelitian hanya berlangsung 9 minggu, sehingga belum cukup bagi tanaman melewati adaptasi stress lingkungan. Sebagaimana dijelaskan oleh Hardjowigeno (2010) bahwa membaiknya faktor lingkungan akan mempengaruhi perkembangan akar tanaman untuk menyerap unsur hara lebih baik, meningkatkan pertumbuhan tanaman, memperbaiki kehidupan mikroorganisme, dan meningkatkan biomassa tanaman.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Beberapa simpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini adalah:

1. Pemberian bahan humat dapat meningkatkan C organik dan N-total. Pemberian kompos maupun kombinasi bahan humat dan kompos berpengaruh terhadap peningkatan C-organik, N-total, Kejenuhan basa, P, dan kation basa tanah yang dipertukarkan (Ca-dd, Mg-dd, K-dd, dan Na-dd).
2. Pemberian bahan humat dan kompos berpengaruh nyata pada tinggi tanaman, panjang akar dan total biomassa. Selain itu, Bahan humat dan kompos memiliki interaksi yang nyata pada panjang akar dan biomassa, namun tidak memiliki interaksi yang nyata pada tinggi tanaman.
3. Perlakuan terbaik dalam meningkatkan tinggi tanaman, panjang akar dan biomassa adalah perlakuan bahan humat 0.5 ml dan kompos 2.5 kg.

Saran

1. Perlunya dilakukan analisis lanjutan untuk penyerapan logam berat pada jaringan tumbuhan seperti akar, batang dan daun.
2. Penelitian ini dapat menjadi masukan bagi PT Antam (persero) Tbk. untuk dapat menggunakan bahan humat dan kompos dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik.
3. Perlu penambahan waktu pengamatan, sehingga didapatkan hasil yang lebih nyata dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Dalzell HW. 1987. *Soil Management Compost Production and Use in Tropical and Subtropical Environment*. Rome.
- Djajadi, Gilkes RJ. 1997. Changes in soil strength due to addition and removal of organic matter. *Agrivita*. 20(4): 150-153.
- Hardjowigeno S. 2010. *Ilmu Tanah*. Jakarta (ID): Akademika Pr.
- Herjuna S. 2011. Pemanfaatan bahan humat dan abu terbang untuk reklamasi lahan bekas tambang [tesis]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Mayalagu K, Jahawar D. 2000. Effect of mixing black clay soil and organic amendment on properties of coarse-textured soil and rice yield. *IRRI Notes*. 25: 30-31.
- Munawar A. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Bogor (ID): IPB Pr.
- Notohadiprawiro, Tejoyuwono. 1998. *Tanah dan Lingkungan*. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Rao NSS. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Ed ke-2. Jakarta (ID): UI Pr.
- Rusdiana O, Fakuara Y, Kusmana C, Hidayat Y. 2000. Respon pertumbuhan tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*) terhadap kepadatan dan kandungan air tanah podsolik merah kuning. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 6(2): 43-53.
- Schnitzer MS, Khan U. 1978. *Soil Organic Matter*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.
- Sembiring S. 2008. Sifat kimia dan fisik tanah pada areal bekas tambang bauksit di Pulau Bintan, Riau. *Balai Penelitian Kehutanan Aek Nauli*. Sumatera Utara. 5(2): 123-134.
- Setyaningsih L. 2007. Pemanfaatan cendawan mikoriza arbuskula dan kompos aktif untuk meningkatkan pertumbuhan semai mindi (*Melia azedarach* Linn) pada media tailing tambang emas Pongkor [tesis] Bogor: Sekolah Pascasarjana IPB.
- Tala'ohu SH, Irawan. 2014. Reklamasi Lahan Pasca Penambangan Batubara. *Prosiding Pembahasan Penelitian Tanah dan Agroklimat*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor. hlm 187-213.
- Soepardi G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Bogor (ID): Jurusan Tanah Fakultas Pertanian IPB.

- Sudomo A. 2012. Perkecambahan benih sengon (*Falcataria moluccana* (MIQ.) Barneby dan J.W. Grimes) pada 4 jenis media. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan PKM: Sains, Teknologi, dan Kesehatan*. Bogor. 3(1): 37-42.
- Sugito Y. 2005. *Sistem Pertanian Berkelanjutan di Indonesia, Potensi dan Kendalanya*. Bagpro PKSMD Ditjen Dikti Depdiknas kerjasama dengan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Sutaryo D. 2009. Perhitungan biomassa: sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon. Dipublikasikan oleh *Wetlands International Indonesia Programme*. Bogor.
- Sutono S, Abdurrachman A. 1997. Pemanfaatan soil conditioner dalam upaya merehabilitasi lahan terdegradasi. *Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat*. Bogor. hlm 107-120.
- Syekhfani. 2005. *Peranan Bahan Organik Dalam Mempertahankan Kesuburan Tanah*. Bagpro PKSMD Ditjen Dikti Depdiknas kerjasama dengan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Syers JK, Craswell ET. 1995. Role of soil organic matter in sustainable agricultural systems. Di dalam: Letroy RDB, GJ Blair, ET Caswell, Editor, *Soil Organic Matter for Sustainable Agriculture*. Canberra: *Australian Centre for International Agriculture Research*. hlm 7-12.
- Syukur A, Nur IA. 2006. Kajian pengaruh pemberian macam pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai pada ultisol. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 6(2): 124-131.
- Tamin RP. 2010. Pertumbuhan semai jabon (*Anthocephalus cadamba Roxb Mic*) pada media pasca penambangan batu bara yang diperkaya fungi mikoriza arbuskula, limbah batubara dan pupuk NPK [tesis]. Bogor: Sekolah Pascasarjana IPB.
- Tan KH. 1991. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. DH. Gomardi Penerjemah. Yogyakarta: UGM Press. Terjemahan dari: *Principle of Soil Chemistry*.
- Wicaksono R. 1993. *Kompos Memperbaiki Struktur Tanah*. Sinar Tani. 5(7-8).
- Widiatmaka, Suwarno, Kusmaryandi N. 2010. Karakteristik pedologi dan pengelolaan revegetasi lahan bekas tambang nikel: studi kasus lahan bekas tambang nikel Pomalaa, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 12(2): 1-10.